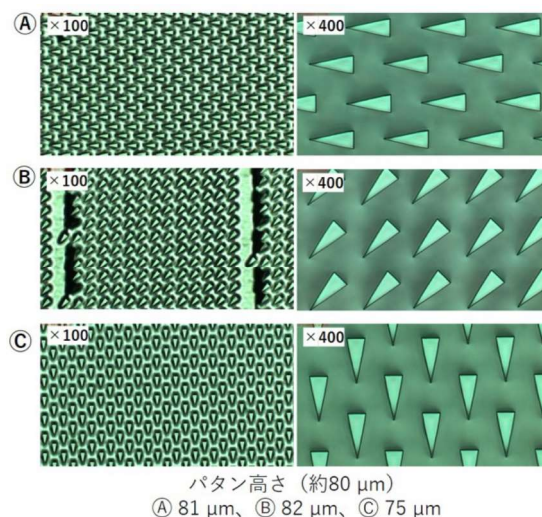


研究状況の概要【中間報告】

氏 名	石井大佑
1. 研究題目	ガスノズル表面への微細構造付与による気流抵抗低減効果の発現
2. 研究内容	気体の噴出口であるガスノズルにおいて、特別な工夫がされていない場合、口径が大きく噴霧速度が速い時には、自在に流量を調整可能であるが、噴霧速度が低かったり口径が小さかったりすると、表面で生じる流体抵抗のため流量の制御が困難になることが問題となっている。この問題を解決するために、ガスノズル全体の形状を流線型にすること等が考案されているが、微小流速では問題点が多い。そこで本研究の目的は、申請者のこれまでの研究で確立した表面微細構造のもつ表面張力駆動の方向選択的な流体移動現象を活用し、気体の吐出口表面での渦発生現象を創り出すことで、微小流速の気体を効率よく吐出可能なガスノズルを実現することである。最終的には、実用化を目指した電鍍プロセスによる表面微細構造を有する吐出口の低コスト作製を試み、実製品への展開を目標とする。 本年度は、微細突起構造を表面微細加工により作製した。まず、三軸走査装置に先端のサイズが数 10 μm スケールのニードルを取り付け、一定の間隔でポリエチレン基板に打ち込む事で多孔の配列構造をもつ鋳型を作製した。精密卓上型 3 軸ロボットに装着した形状の異なるニードルを用い、ポリエチレン基板に微小な穴隙構造の配列を作製し鋳型とした。先端の形状は円錐状と三角錐状のニードルを用いた。作製した多孔構造は、精密卓上型 3 軸ロボットの走査プログラムを変えることにより、多孔構造間の距離や深さを変化させた。微細突起構造への転写素材として、パラジウム電鍍用金属を用いた。パラジウムは外部からの衝撃等に対して、構造の破損を抑えることができる。
3. 研究成果、課題等	【1】厚膜電鍍パラジウム構造の作製 高硬度で靱性の優れた電鍍法のプロセス条件確立、電鍍原盤反り 0.5mm 以下、膜厚精度 $\pm 5\%$ 以内を目指した。具体的な方法としては、添加剤(ブチンジオール)と電鍍温度制御の2つの評価を行った。最適化条件で 300 μm 電鍍を行った場合、電鍍原盤反り 0.5mm 以下、膜厚精度 $\pm 5\%$ 以内の精度を達成した。 また従来は成形の度に外部へ試作し、条件を確認する形であったが、成形装置を導入したことで金型作製の視点からだけでなく、成形装置導入による金型作製プロセスのフィードバックも可能となった。繰り返し成形を行うことで金型の課題や樹脂の充填率等を評価可能になった。成形装置は 3 段階で加温・加圧・時間の条件を振ることが出来る。成形評価では金型 66 μm 程に対して成形品 $\sim 66 \mu\text{m}$ を達成し、良好な成形条件も固まりつつある。微細構造パターンの観察は、白色共焦点顕微鏡を用い、3D 形状プロファイルの評価した。形状 高さ・幅・角度・3D 形状 $\times 5 \sim 100$ の倍率で nm 単位での寸法測定、表面粗さ測定を実現した。これにより金型・成形品の各視点での観察が可能になった。



【2】厚膜電鍍パラジウム構造の拡散挙動

次に、作製した円錐状と三角錐状の突起構造の拡散挙動の定量測定を行い、突起形状と液体拡散方向の異方性を評価した。まず、ヘキサデカン 1 μL の上方からの着液 2 秒後の濡れ形状を図に示す。三角錐状突起構造は、三角形の頂点が左向きになる様に測定を行った。その結果、円錐状突起構造の濡れ形状は、正方形となり等方的に液体輸送された。横軸方向の液端から液端までの距離を B、縦軸方向の液端から液端までの距離を A とすると、 $B/A=1.00$ となり拡散方向に異方性は無い。円錐状突起は、上方から見ると円形のため突起形状による異方性は発現しない。突起配列は正方のため、拡散後の濡れ形状は正方形となる。一方で、三角錐状突起構造による濡れ形状は、横軸を長辺とする長方形となり異方的に液体輸送された。 $B/A=2.03$ となり、縦方向に対して横方向へ 2 倍近く液体輸送された。突起の形状が等方的な場合、液体は等方的に輸送されることが円錐状の突起構造からわかっている。しかし、三角錐状の突起構造は異方的な形状をしているため、液体は異方的に輸送された。また、液体の拡散方向は三角錐状突起を上から見た時の頂点の向きとは逆方向に優先的に拡散した。三角錐状突起構造を用いることで、異方性のある液体輸送を実現することができることが示唆された。今後は、三角錐状構造の気流の流れの方向を可視化していく。

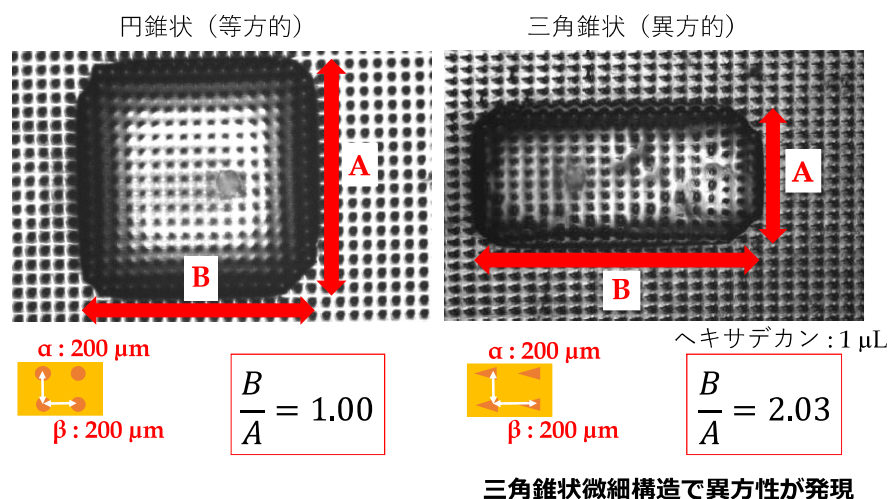


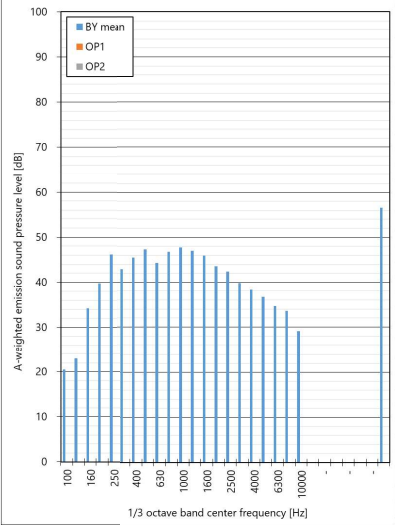
図 円錐状および三角錐状突起構造の液体拡散挙動の解析

4. 今後の予定 （助成希望金額とその使途についてもお記入願います）

次年度は、三角錐状構造の気体の流れの可視化を行い、高さや幅等の形状パラメーターの制御による気流の最適化を試みる。

具体的には、構造をファンに取付、回転させた際の風量や出力の関係を測定し、その効率から気流の流れ制御の因子を追跡し、構造の最適化を行う。右図はその測定例であり、各周波数での音量や全体の風量の定量化が可能となる。

Center frequency		A-weighted Emission SPL		
f_c	BY mean	OP1	OP2	
Hz	dB	dB	dB	
100	20.50	-	-	
125	22.99	-	-	
160	34.21	-	-	
200	39.71	-	-	
250	46.16	-	-	
315	42.91	-	-	
400	45.52	-	-	
500	47.34	-	-	
630	44.37	-	-	
800	46.85	-	-	
1000	47.80	-	-	
1250	46.99	-	-	
1600	45.93	-	-	
2000	43.57	-	-	
2500	42.45	-	-	
3150	39.86	-	-	
4000	38.40	-	-	
5000	36.76	-	-	
6300	34.64	-	-	
8000	33.59	-	-	
10000	29.13	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
-	-	-	-	
Overall	56.59	-	-	



助成金は、異なる形状パラメーターをもつ金型の作製、その金型を用いた電鑄の原料金属、作製した構造の洗浄液や表面改質試薬、気流の可視化測定に必要な取付治具等の購入に使用する。本助成金を超過した分は校費で補填する。